

УДК 656.13

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ АВТОМОБІЛІВ ВЗДОВЖ МАГІСТРАЛЬНОЇ ДОРОГИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЗАСОБІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОТОКУ

ELASTICITY SPEED CONSEQUENTIAL GLARE DRIVERS

Оліскевич Мирослав

Львівський Національний аграрний університет

вул. В.Великого, 1, м. Дубляни, Львівська область, 80381

The movement of the car in the traffic on intercity routes was investigated. Traffic should be energy efficient, safe and allow the desired schedule. A method for analyzing the input data flow based on a simulation model has been developed. The research results make it possible to develop and adhere to optimal long-term traffic programs on highways.

Сучасні засоби телекомунікації, які застосовуються в інтелектуальних транспортних системах (ІТС), надають інформацію про транспортні потоки як у містах, так на міжміських дорогах. Така послуга вважається однією з найбільш затребуваних в сучасності [1]. Завдяки телеметричним засобам реалізовується можливість точно спланувати маршрут, визначити час подорожі, спрогнозувати затримки транспортного потоку. Головні показники високої ефективності ІТС – точність і достовірність наданої інформації. Точність інформації залежить не тільки від похибки отриманих сигналів, але й від умов руху в транспортному потоці. Так, наприклад, похибка GPS навігатора у 2-3% є цілком задовільною і допустимою для того, щоб прийняти рішення про вибір програми руху [2]. Тут під програмою руху розуміємо зміну швидкості залежно від прогнозованих дорожніх і транспортних умов. Однак, якщо розглянути міжміські поїздки автомобілів по магістральній мережі, то програма руху тут може виконуватись декілька годин і природно за цей час умови руху змінюються досить динамічно. В межах довготермінового планування оперативної інформації про транспортні та дорожні умови є недостатньо. У зв'язку з цим оптимальні програми руху дуже рідко виконуються. Натомість заплановані розклади руху зриваються, терміни доставки вантажів і пасажирів значно перевищують об'єктивно досяжні.

Метою цих досліджень було встановити вплив горизонту прогнозування швидкості на показники виконання ощадної програми руху. Для цього було розроблено методику та відповідний алгоритм розрахунку програми руху АТЗ по заданому міжміському маршруті при умові дотримання найшвидшого розкладу руху в заданих дорожніх і транспортних умовах. Застосовано імітаційне моделювання (ІМ) руху АТЗ при різних періодах прогнозування і характеристиках потоку на автомагістралях. Побудовано залежність показників якості дотримання ощадних режимів руху від періоду прогнозування і обґрунтовано оптимальне значення горизонту прогнозування швидкості АТЗ.

Розглядався рух АТЗ по дорогах міжміського маршруту. Задано початковий і кінцевий пункти маршруту. Відома довжина поїздки L_{max} . Поточна швидкість V АТЗ змінюється залежно від дорожніх і транспортних умов. Припускалось, що дорожні умови, тобто рельєф, план і профіль траси, стан дорожнього покриття, є відомі. Такі умови для заданого АТЗ можна описати програмою вільного руху $V_i(x)$ – швидкістю, що змінюється по довжині маршруту $x = [1, L_{max}]$. Оптимальною назвемо програму руху, яка забезпечує найбільшу паливну ощадність при умові відсутності перешкод, які спричиняють затримки, затори та інші вимушені зміни швидкості. Враховуючи мету досліджень, швидкість $V_{max}(x)$ прийнято основним параметром, що характеризує транспортні умови на магістралі. Однак, виконання

розкладу руху по заданому маршруту можна забезпечити, якщо передбачити $V_{\max}(x)$ на деяку дистанцію маршруту W , яку назвемо горизонтом прогнозування. При наявності такої інформації можна виявити ті ділянки маршруту, на яких $V_{\max}(x) > V_i(x)$. На таких ділянках швидкість можна збільшити від оптимальної $V_i(x)$ до максимальної $V_{\max}(x)$. Це є певним ресурсом часу, який можна використати, відхилившись від оптимальної програми, але дотримуючись розкладу. Зроблено припущення, що, чим більший горизонт прогнозування W , тим більше є можливостей дотриматись оптимальної програми по швидкості $V_i(x)$. Однак, таке припущення потрібно довести. На заданій автомагістралі з характеристиками $V_i(x)$ потрібно вибрати таку множину значень середніх швидкостей $V(x)$ на ділянках $x=1, 2, \dots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \dots, L_{\max}$, для яких

$$\sum_{x=1}^{L_{\max}} (|V_i(x) - V(x)|) \rightarrow \min, \quad (1)$$

при умові, що АТЗ прибуде у кінцевий пункт не пізніше запланованого часу $T_x = t_x(L_{\max})$.

Вибір швидкостей здійснюється в межах однієї дистанції W . Вибір потрібно здійснювати з врахуванням дозволених максимальних швидкостей $V_{\max}(x)$, які є відомими тільки на ділянці горизонту прогнозування W . При цьому наявна інформація про обмеження швидкостей може бути спотворена. Для вирішення поставленої задачі, а також для дослідження впливу горизонту прогнозування W на вибір швидкості розроблено і застосовано методику й відповідний алгоритм ІМ. Зміст його полягає у тому, що на основі випадково згенерованих масивів даних про дорожні і транспортні умови виконується вибір програми руху в межах W . Вибір проводиться за наперед встановленими детермінованими правилами. Змінними в моделюванні є розмір горизонту прогнозування i , відповідно, кількість ділянок J . Для виконання ІМ було підготовлено початкові дані, які описують автомагістраль, на якій встановлено обмеження швидкості. Аналог початкових даних стосується частини траси європейського автомобільного маршруту E-372 на ділянці маршруту Тернопіль – Львів станом на початок 2020 року. ІМ було двохстадійне. На першій стадії згенеровано масиви початкових даних $V_i(x)$ та $V_{\max}(x)$. На другій стадії застосовано розроблений алгоритм ІМ, для моделювання вибору швидкості АТЗ при використанні початкових даних і застосуванні прогнозування на дистанцію W . Горизонт прогнозування у кожному наборі вхідних даних змінювався циклічно. ІМ було виконане у середовищі алгоритмічної мови програмування Delphi на основі запропонованого алгоритму. Для оцінювання якості керування транспортним засобом при наявності динамічного прогнозу швидкості застосовано такі показники, як абсолютне сумарне відхилення від оптимальної програми DV по швидкості, та відхилення від запланованого розкладу поїздки ΔT по часу:

$$DV = \sum_{x=1}^{L_{\max}} \sqrt{(V(x) - V_i(x))^2}. \quad (2)$$

$$\Delta T = t(L_{\max}) - T_{\max}, \quad (3)$$

де $t(L_{\max})$ – тривалість проходження останньої ділянки маршруту.

Залежності DV від W (рис.1) мають чітко виражений кусково-неперервний характер. Наявність стрибків графіків пояснюється не тільки кратністю значень горизонту планування W і довжини маршруту L_{\max} , а й тим, що залежність $DV(W)$ відображає явище переходу кількості інформації в якість. Так, при збільшенні W поле змінних величин V також зростає, що дає змогу вибрати програму руху на дистанції W , що є ближчою до оптимальної $V_i(x)$. Однак, зростання W знижує вірогідність потоку даних доти, поки отриманий обсяг інформації стосовно $V_{\max}(x)$ вимушує прийняти взагалі неадекватне рішення. Подальше зростання горизонту W обумовлює необхідність корекції контролю швидкості. Якість керування за показником DV покращується. Так відбувається до наступної якісної зміни. Таким чином, розриви функції $DV(W)$ пояснюються переростанням кількості інформації в якість, яка відбувається для визначених значень горизонту прогнозування. Залежності $\Delta T(W)$

(рис. 2) мають менш виразний монотонний вигляд. Однак стрибки значень цих залежностей відображається, приблизно, при тих самих значеннях W .

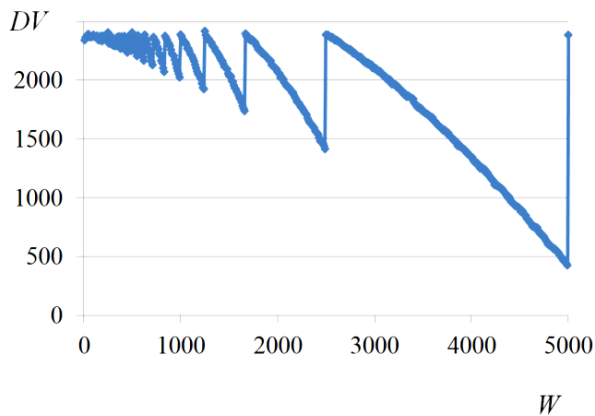


Рис. 1. Залежність сумарного відхилення DV програми від горизонту прогнозування W при $\sigma(V_{max})=0,0033$ і $E(V_{max})=0,5$

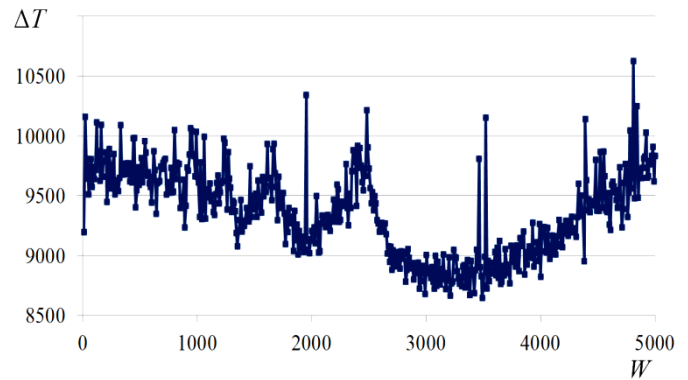


Рис. 2. Залежність сумарного відхилення оптимального розкладу від горизонту прогнозування W при $\sigma(V_{max})=0,0033$ і $E(V_{max})=0,5$

На відміну від відомих алгоритмів вибору траєкторії швидкості АТЗ у цій роботі показано об'єктивну необхідність динамічного дискретного керування. Обґрунтування оптимального горизонту прогнозування підвищує точність і гарантує вищу якість контролю траєкторії швидкості. Завдяки запропонованому алгоритмічному забезпеченню вдалося виявити явище перетворення кількості інформації про дорожні і транспортні умови в нові якісні. Так, при зростанні горизонту прогнозування W і сталості транспортного завдання сумарна кількість повідомлень J , які отримує водій/екіпаж АТЗ зменшується. Обсяг кожного з таких повідомлень, водночас зростає, але не безперервно. Лише при певних значеннях W можна отримати стрибкоподібне зростання якості контролю завдяки оптимізованому потоку даних. Виявлені закономірності і алгоритми керування транспортним засобом можуть бути використані в сучасних системах адаптивного круїз-контролю.

Методика вибору швидкості АТЗ в умовах змінних дорожніх і транспортних умовах враховує вплив на якість прийняття управлінських рішень по керуванню АТЗ кількості й обсягу інформаційних повідомлень. В методиці застосовано вибір потенційно ефективних рішень на основі евристичного алгоритму Джонсона. Корегування вибору швидкості АТЗ пропонується здійснювати в напрямку від найменших – до найбільших потенціалів.

Використання ІМ дало змогу виявити кусково-монотонний характер залежності показників якості керування траєкторією швидкості транспортного засобу від горизонту прогнозування. Виявлено параметричний ряд оптимальних значень кількості отриманих повідомлень. Також виявлено, що на вибір оптимального обсягу інформації, яку отримує водій транспортного засобу впливає середнє значення і дисперсія обмежень швидкості на магістралі.

Література

1. Lai W. K., Kuo T. H., Chen C. H. Vehicle speed estimation and forecasting methods based on cellular floating vehicle data. *Applied Sciences*. 2016, №6(2), P.47.
2. Balid W., Tafish, H., Refai H. H. Intelligent vehicle counting and classification sensor for real-time traffic surveillance. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2017, №19 (6), PP. 1784-1794.